

电网建设生态敏感区智慧监管装置及系统应用研究

赵延文

国网山东省电力公司东营供电公司 山东省东营市 257091

摘 要: 本文主要围绕电网工程在生态敏感区的智慧监管需求展开研究, 全面分析设计文件数据提取、施工边界管控、生态红线识别以及现场环境监测等重要环节, 利用北斗高精度定位技术、智能图像识别算法和多源数据融合手段, 形成包含“数据自动采集—施工边界精准管控—生态风险即时警报—环境行为动态监测”的智慧化管理体系, 能够做到对电网项目整个生命过程中的生态保护实施精细管理, 给生态脆弱地带的基础设施创建给予智能化环保解决办法的技术支撑和操作指引。

关键词: 电网建设; 生态敏感区; 智慧监管装置; 北斗电子围栏; 智能识别系统

前言

在“双碳”战略与生态文明建设的双重推动之下, 电网设施朝生态敏感地带推进时还存在严苛的环保约束和监管难题。这些地方通常包含自然保护区、水源涵养区、生态保护红线等关键区域, 其生态系统易损性明显, 恢复代价昂贵。传统电网项目运作模式大多依靠人工巡查和静态数据采集, 易引发信息延迟、决策失误以及应急响应不够及时等问题, 无法满足生态敏感区“无扰动, 少干扰”的发展需求。智慧监管技术依靠信息技术同业务流程的融合, 给解决行业难题提供了革新性的解决办法。本文基于电网创建时生态敏感地区监管方面需求, 将北斗导航定位, 机器视觉识别以及大数据分析等先进技术整合起来, 形成一套包含智慧监测设备和系统集成在内的管理系统, 该平台力求做到从解读设计文件到把控现场施工行为的全程智能化经营, 从而给电网创建同生态环境保护的协同改良给予有力的技术支撑。

1 生态敏感区智慧监管的必要性

生态敏感区有着独特的生态系统功用和价值, 在守住该区域甚至整个国家生态安全方面担当着重要任务。在这种类型的地段开展电网创建事项时, 若缺少相应的监管手段, 易出现表土流失、植被损害且引发污染物四散等问题, 给守护生物多样性、保存水源涵养能力并维持土壤结构稳定等主要的生态功用带来重大且难以恢复的不良影响。传统监管模式主要依靠人工巡查以及纸质资料审核, 其效能受到很大局限。在数据采集阶段, 如临时占用土地面积等重要指标获取需通过人工操作进行, 既费时又容易出错。在施工过程监管当中, 人工划定施工边界难以应对复杂地形状况, 不易察觉

越界行为。在进行生态风险评判时, 对于生态红线。水源保护区等敏感地带的空间联系判定缺少动态监测能力和精确度, 现场环境监测也会受人力资源分布不均、异常情况预警迟缓等情况的影响。这时, 应用智慧监管技术可给传统监管模式带来革新性突破。利用自动化数据采集装置能保证设计图纸同施工信息精确对应, 依靠北斗卫星导航系统联合电子围栏技术形成厘米级施工边界管控体系, 采用空间分析模型配合智能识别算法对生态敏感地区风险因素进行动态预警, 凭借视频监控网络以及无人机巡检平台还能完成施工现场环境的全天候智能监测。该智能化监管框架既优化了监管效能和提升了精确度, 又明显减少了人为操作失误情况, 给电网工程在生态脆弱区的可持续发展给予了技术支撑。

2 电网建设中生态敏感区的智慧监管装置应用

2.1 设计文件智能提取装置

设计文件智能提取装置的主要功能是从设计图纸、水土保持规划、环境保护方案等文档中, 自动找出临时占用面积等关键指标, 其技术架构结合自然语言处理(NLP)和计算机视觉(CV)的交叉融合手段, 依靠专业的文档解析模型, 可把文本中的表格数据以及语句内容精确进行拆分并归类^[1]。在技术实现上, 首先对文档进行格式预处理, 统一不同来源文档的排版结构, 随后借助OCR技术把纸质或图像形式等资料变成可编辑的文本格式, 再利用关键词匹配及语义分析算法找出包含“临时占地”“占地面积”等关键词语的段落, 依靠表格识别功能获取具体数值以及其对应的地理位置坐标信息。系统内部的数据校验模块可以对提取出来的面积数据同设计图纸的空间范围执行交叉验证, 保证数据准

确可靠。

以某电网工程项目水土保持方案为例,其含有 2.35hm² 的临时占地信息以及地理坐标范围(东经 118.32° - 118.35°、北纬 39.21° - 39.23°),采用现代信息技术手段展开系统分析,把提取到的数据同设计图纸中的矢量数据执行对比验证,使得结果的相对误差维持在 0.5% 以内。相较于传统人工方法,效率大概提高 80%,大幅度缩减人工操作造成的偏差风险,给施工用地监管提供了精准可靠的根基数据。

2.2 北斗电子围栏限界装置

该装置依托北斗三号高精定位技术创建了施工场地电子围栏观测体系,其拥有基准站、移动站、通讯单元和警报装置终端等主要元件,该体系的精准度可以达到厘米级别,完全可以满足生态脆弱地段边界的管控需求。该系统按照模块化设计理念进行设计,在现场布置时,只需在四个关键节点装上便携式基站,利用无线通信手段同基站达成联系,便能完成封闭式电子围栏搭建工作^[2]。其装置具备 IP67 防护等级,能够应对复杂户外环境中的各种难题,而且还可以采用太阳能供电方案,保证系统运转稳定可靠。当有人或者物靠近围栏边界 10m 范围内,会触发警报提示,通过声音和灯光提醒可能存在的违规举动。若是出现越界情况,则会立刻启动即时报警功能,把具体地点以及时间数据即时传送给管理人员的操作终端。

某山区电网建设项目设备安装点附近存在国家级自然保护区边界,施工人员由于地形复杂而误入保护区,该系统在 2s 内自动察觉越界现象并立刻发出警报信号,管理人员凭借手持终端即时收到越界消息后,可以立即发布撤离命令以保证人员安全,进而防止施工活动给生态环境带来潜在危害。统计数据显示,自从设备投入使用后,施工人员擅自踏入保护区的事件发生率同以前相比下降了 92%,明显加强了生态敏感地区的安全管理水平。

2.3 生态敏感区识别装置

生态敏感区识别装置融合了 GIS 空间分析技术和北斗卫星导航定位功能,可完成施工围栏区域内部生态敏感要素的自动识别任务。该装置具有全国性生态红线、水源保护区以及自然保护区、基本农田这些重点保护区域所对应的矢量数据库,并且与正在工作的北斗定位数据展开空间叠加,能实现精准的定位划分。装置工作流程为:依靠北斗电子围栏技

术得到施工区域的地理坐标数据,创建矢量化多边形模型,依靠系统内置的敏感区域数据库做空间交集运算,评判施工范围是否牵扯生态保护红线或者关键保护区,把实际施工边界同规划设计边界做比较,检查是否存在超出范围占用土地的情况。利用可视化平台表现分析成果,使用不同颜色表明危险程度,可以针对高危地区开展动态监测警报,立即给管理人员发送警报消息。

在某水源保护区周边开展电网建设项目时,利用空间分析技术布置的监控设备察觉到在施工围栏区域内有 0.12hm² 面积违规侵占了二级保护区,随后形成预警报告,细致记载涉事地点的地理坐标、受波及范围以及具体修复方案。项目方按照预警信息及时改变施工规划,以此避免给水源生态环境带来潜在危害。

2.4 施工现场视觉监测装置

施工现场视觉监测装置把视频监控同人工智能视觉识别技术结合起来,力求做到智能化监管施工场地环境以及作业行为^[3]。其硬件架构包括高清摄像设备、边缘计算单元和智能分析模块,可准确识别表土剥离、物料堆放管理、设备漏油检测以及建筑废弃物处置等重要环节存在的问题。从技术架构上来说,此装置依靠深度学习目标检测算法(YOLOv5)对监控视频流执行即时解析,创建表土堆积、油污留存、建筑废弃物等特征模型,准确识别异常行为。同时,采用自适应改良机制,按照现场环境改变动态调节模型参数,改善检测精确度。一旦检测到表土超量堆放、设备漏油或者建筑垃圾违规处置等异常情况,设备便会自动开展图像采集,生成告警信息,然后推送给监管平台,供后续处理。

某电网工程项目推进时,在安装该装置后,总共记录到表土堆放不规范情况 17 次,设备渗漏油的隐患 5 例,施工废弃物乱堆乱放事件 9 起,管理人员依照预警信息赶紧采用对应举措,有效地阻止了表土流失和油污扩散,明显改善了现场环境管理的细致程度和治理成效。

3 电网生态敏感区智慧监管系统应用

3.1 系统架构设计

智慧监管体系采取“感知—网络—平台—应用”四层架构设计,可达成从数据采集到服务应用的全生命周期闭环管理。感知层由各类智能监测设备组成,负责实时采集施工现场信息;网络层依靠 5G 通信技术与北斗短报文机制,保证数据传输安全且高效;平台层利用大数据技术进行建设,

承担数据存储、处理和分析任务；应用层则面向管理者给予可视化交互界面，而且融合了业务功能模块保证符合实际需求。该系统依靠数据中台与 AI 中台的主要架构体系进行运作，数据中台可将不同种类的数据（包含设计文件、北斗导航信息、视频监控资料等等）进行统一规范，并集中存放，以此给电网创建生态监管给予数据支撑。AI 中台会安排各种各样的智能算法模型，给敏感地区监测、行为分析等应用领域给予算力保证以及精确的决策帮助。

3.2 多源数据融合应用

系统实现设计文件数据、基于北斗定位技术、地理信息系统(GIS)空间数据以及视频监控数据的多源融合研究^[4]。在项目规划阶段，把设计方案里的临时用地范围同 GIS 数据库中的生态敏感区信息执行空间匹配分析，可预先察觉潜藏的生态环境风险点。在施工期间，依靠实时获取的北斗定位数据同视频监控图像资料展开交叉验证，从而保证施工边界控制和环境动态监测的精确性。在竣工验收环节，则采用历史数据追踪手段，全面评价生态保护举措的实际执行情况。

以某生态敏感区电网建设项目为例，融合设计文件中的占地坐标信息、北斗电子围栏的动态边界数据、GIS 系统中的生态红线分布图层以及视频监控搜集到的现场影像资料，创建三维可视化监管平台，让管理者随时得到施工区域和生态红线的空间联系，准确跟踪人员越界的行踪路线，同时深入探究环境违规事件的时空特性，能够达成细致化的生态保护。

3.3 智能预警与决策支持

该系统依靠多源数据创建的智能预警模型，能够做到生态风险实施分级监控和辅助决策。其预警机制可全面考量施工区域同生态敏感区之间的空间距离、跨界影响范围、环境异常行为特点等关键因素，把预警等级分成普通、中度和高度三个层次。针对不同的预警情形，系统可以自动产生对应的应对策略，碰到红色预警时，提议立刻停止作业，并开启应急反应程序。决策支持模块则依靠历史监管数据的深入挖掘与分析数据，形成针对生态敏感地区电网建设的环保知识体系，给新项目选址和施工方案设计赋予科学依据。系统把某个区域多个项目的数据整合起来之后发现，在雨季施工期间因表土剥离引发的水土流失风险明显增大，随即提出雨季停工或者加强水土保持措施的提议，有效推进了生态保护

工作前瞻性以及精细化执行。

3.4 可视化监管与协同管理

系统开发三维可视化监管平台，通过创建施工场地地形地貌、生态敏感区分布、设施布局等要素的三维模型，并融合实时数据更新机制，可达成“所见即所得”的高效管理目的。管理者可借助此平台执行虚拟巡查，全方位把控施工区域的生态保护情形，针对出现的问题予以标记并发出整改指令。协同管理模块需塑造包含建设单位、施工单位、环保监管机构等众多主体在内的在线协作平台，牵涉问题反馈到竣工验收等全流程闭环体系。该系统可记载各个参与方执行操作的行为以及对应时间戳信息，保证能追查监管过程，以此改善跨部门联手监管的效率和透明度。

结束语：总之，电网建设生态敏感区智慧监管装置及系统的应用，完成了传统人工巡查向智能精准巡查的转变，给电力设施规划和创建给予了可靠的科技支撑。依据研究数据，在实际工程项目中，该智慧监管系统大幅改善了施工占地信息搜集速度、边界控制精准度以及生态危险预估能力，切实减小了电网项目对生态环境的影响。展望未来，随着 5G 通讯技术、物联网技术和数字孪生概念的持续更新，智慧监管系统可进一步融合进电网基础设施全生命时段经营体系，塑造包含规划设计、创建执行到运行守护的综合生态保证体系。通过拓展应用范围，累积监管数据资源，持续改良智能算法模型，可提升系统自适应能力及决策的科学性，给生态文明创建环境下的基础设施规划给予更为可靠的科技支持。

参考文献：

- [1] 钱增志. 深基坑安全风险智慧监管平台研究 [J]. 工程质量, 2025, (06): 1-4.
- [2] 王立虎, 刘雪梅, 李海瑞, 等. 引调水工程安全智慧监管多模态大模型构建技术研究 [J]. 中国水利, 2025, (11): 8-19.
- [3] 王晓波, 韩东兴, 王东强. 基于边缘计算框架的电网基建智慧物联体系研究与实践 [J]. 电气技术, 2022, (10): 96-103.
- [4] 余奕宗, 杨海林, 张锦贤. 基于物联网与 BIM 技术的智慧工程监管云平台构建与应用 [J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (07): 68-70.